



TITLE:

Observational Studies of Large-Scale
Turbulence Structures in the Near-Neutral
Atmospheric Boundary Layer(Abstract_要旨
)

AUTHOR(S):

Horiguchi, Mitsuaki

CITATION:

Horiguchi, Mitsuaki. Observational Studies of Large-Scale Turbulence Structures in the Near-Neutral Atmospheric Boundary Layer. 京都大学, 2015, 博士(理学)

ISSUE DATE:

2015-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.r12913>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開

京都大学	博 士（ 理 学 ）	氏名	堀口 光章
論文題目	Observational Studies of Large-Scale Turbulence Structures in the Near-Neutral Atmospheric Boundary Layer		
(論文内容の要旨)			
<p>大気境界層の乱流に関する研究は、均一性と定常性を仮定した統計的手法によって解析が進められてきた。1960 年代に室内実験で「組織構造」が見いだされると、大気境界層においても、観測に基づいて、同様な組織的な大規模構造を見出すことが試みられ、数値実験や理論的研究も進められてきた。しかし、依然として、大気境界層における大規模乱流構造の全体像を解明するには至っていない。本研究では、接地層から高度 200m 以上に及ぶ大気境界層について、風速変動を同時に観測から大規模乱流構造を抽出し、その時空間構造を明らかにすること、さらに、その運動量輸送へ寄与を解明することを目的とした。</p> <p>まず、潮岬と信楽において、超音波風速計と音波探査機（ソーダ）により、接地層から高度 300m を越える上空までの風速変動を同時観測した。この風速変動の時系列にウェーブレット解析を適用して、「組織構造」に相当する大きな時空間スケールを持つ強風の事例を抽出した。その結果、強風時の大規模な乱流構造は、高度 200m 以上の上空では 400-800m の水平スケールを持ち、接地層まで下降してくる様子を明らかにした。また、この大規模乱流構造の発生の時間間隔を平均風速と境界層の厚さで無次元化すると、室内実験で得られた「組織構造」の場合と同程度の値となることから、両者は相似な時空間構造を持つことを推論した。</p> <p>次に、大気境界層における強風時の大規模乱流構造の運動量輸送過程に果たす役割を評価するために、つくばの気象研究所にある気象観測鉄塔(高さ 213m)の 6 高度に設置された三次元超音波風速計で計測された風速の時系列を解析した。その結果、大規模乱流構造は、下方への運動量輸送と乱流運動エネルギーの機械的生成に大きな寄与を果たしているが明らかになった。さらに、各高度における平均流方向の風速成分に対するウェーブレット係数間の相関を解析した結果、高度 200m における大規模乱流構造に伴う乱流強度が大きいときに、大気境界層中の上層と下層の風速変動の相関も大きくなることが示された。</p> <p>さらに、中立よりわずかに不安定な大気境界層では、100～300 秒の時間スケールを持つ大規模乱流構造が卓越し、大規模乱流構造に先行する弱風域が存在することも明らかになった。この弱風域は、大気下層が熱せられた際に現れるプルームと類似した構造を持つことも示された。</p> <p>また、本研究で解明された大気境界層中における大規模強風構造は、大気境界層中の乱流生成メカニズムの一つとして提唱されているトップダウン理論において、接地境界層よりも上空（Middle Layer）に存在すると予想されている”Large Eddy”に相当することを指摘した。</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

大気境界層における乱流構造の研究は、大気と陸面や海洋間における水・エネルギーの交換過程、物質の拡散など大気科学の課題の理解に重要であるだけでなく、構造物に対する強風の影響の解明、風力エネルギー開発の基礎として工学的・応用気象学的な観点からも、その研究が必要とされている。1960年代の室内実験による乱流境界層中の「組織構造」発見を契機として、大気境界層においても、これまでの観測的研究によって、強風域の下流に存在する前線構造や筋状構造など「組織構造」に相当するいくつかの大規模な組織構造が存在することが明らかになっている。しかし、そのような大気境界層中の大規模組織構造の時空間スケール、特に、鉛直スケールや、室内実験で見いだされた組織構造との対応関係は依然として明らかではない。申請者は、接地層での超音波風速計による風速変動観測に加えて、音波探査機（ソーダ）や、高度213mの気象観測鉄塔の複数の高度に設置した超音波風速計で同時観測した風速変動のデータを解析することによって、大気境界層中における大規模乱流構造の詳細な挙動を明らかにした。特に、地上から高度200m以上に及ぶ下層大気中の風速変動の同時観測データを解析したのは本研究が初めてであり、本研究によって、大規模乱流構造に関して、以下の新しい知見が明らかになった。

まず、申請者は、大規模乱流構造を抽出するため、3次元超音波風速計で測定した接地層内の風速変動データとソーダで測定した上層風観測データにウェーブレット解析を適用し、地上から高度300m程度までの大気層の風速変動のウェーブレット係数の時間高度断面図を作成した。その結果、400-800mの大きな水平スケールを持つ強風を伴う構造を、大規模乱流構造として抽出することに成功した。しかも、その構造が高度200m程度の上空から下降し、接地層に到達することを見出した。また、その空間構造が発生する時間間隔を無次元化した値は、室内実験で発見されたバースティング現象の値とほぼ同じであり、両者の時空間構造に相似性が存在することも明らかにした。

さらに、申請者は、高さ213mの気象観測鉄塔の6高度に設置された超音波風速計によって測定された風速変動データから、この大規模乱流構造に伴う運動量輸送を正確に算出した。その結果、大規模乱流構造は、接地境界層における下向き運動量輸送や乱流エネルギーの生成に大きく寄与することを見出した。このような特徴を持つ大規模乱流構造は、Hunt and Morrison (2000)により、その存在が予測されていた大気境界層内を上層から地面付近まで下降する「大規模乱渦」と対応することも指摘した。このことは、彼らが提唱した大気境界層乱流の生成メカニズムであるトップダウン理論の証左となる。

このように、申請者の研究は、大気境界層における大規模乱流構造は、乱流構造と乱流輸送において重要な役割を果たしていることを明らかにしたもので、今後の大気境界層乱流の研究の発展にも大きく寄与すると判断する。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成27年1月20日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降